

**Aplicaciones de las TIC en la ganadería bovina en el
ámbito rural**

A Degree Thesis

**Submitted to the Faculty of the
Escola Tècnica d'Enginyeria de Telecomunicació de
Barcelona**

Universitat Politècnica de Catalunya

by

Jose Antonio Sánchez Lanau

**In partial fulfilment
of the requirements for the degree in
*TELECOMMUNICATION SYSTEMS ENGINEERING***

Advisor: Josep Ramon Morros Rubio

Barcelona, January 2018

Abstract

The present project explain, step by step, the design and build of a control system in a farm. For this, it will be used different technologies that work in the animals, in the farm and in the farm equipment. The systems are a necklace of connecterra for the cow's monitoring, quality water control, level water control, a weather station, streaming system with IP cameras and real time localization with work time control.

All of this information collected by the different technologies was send to a server and shown in a web page.

Resumen

El trabajo presentado en este documento explica paso a paso el diseño y construcción de un sistema de control de una explotación ganadera. Para esto, se desplegarán en una granja bovina diferentes tecnologías que actuarán sobre los propios animales, como son los collares de connecterra para la monitorización del comportamiento, sobre la infraestructura de la explotación, como es el caso del sistema de control de calidad de agua y sobre la maquinaria agrícola, con un sistema de localización en tiempo real para un control de horas de trabajo.

A estos sistemas se unen además, un control de abastecimiento de agua, una estación meteorológica y un sistema de visionado en directo a través de cámaras IP.

Toda esta información recopilada por las diferentes tecnologías será enviada a través de Internet a un servidor y mostrado en una página web.

Agradecimientos

En primer lugar me gustaría dar las gracias a mis compañeros de trabajo, Jorge Ciprés, Nestor Borrueal y Javier Lorenzo, por sus innumerables ayudas a lo largo de la realización del proyecto.

También me gustaría agradecer al profesor encargado de supervisar el trabajo, Josep Ramon Morros, por sus importantes indicaciones y consejos durante estos meses.

Revision history and approval record

Revision	Date	Purpose
0	29/12/2017	Document creation
1	19/01/2018	First document revision
2	24/01/2018	Last document revision

DOCUMENT DISTRIBUTION LIST

Name	e-mail
Jose Antonio Sánchez	jose.antonio.sanchez.lanau@alu-etsetb.upc.edu
Josep Ramon Morros	ramon.morros@upc.edu
Roberto Hierro	roberto@centraldereservas.com

Written by:		Reviewed and approved by:	
Date	29/12/2017	Date	24/01/2018
Name	Jose Antonio Sánchez	Name	Josep Ramon Morros
Position	Project Author	Position	Project Supervisor

Tabla de contenidos

Abstract.....	2
Resumen.....	3
Agradecimientos.....	4
Revision history and approval record.....	5
Tabla de contenidos.....	6
Índice de Figuras.....	7
1.Introducción.....	10
1.Declaración de propósito.....	10
2.Métodos y procedimientos.....	11
3.Work Plan con tareas y diagrama de Gantt.....	11
4.Descripciones de las desviaciones del plan inicial.....	13
2.Estado del arte de la tecnología usada o aplicada en esta tesis:.....	15
2.1.Raspberry Pi 3.....	15
2.2.Collares de Connecterra:.....	15
2.3.Escudo Base Elecrow para Raspberry Pi 3.....	16
2.4.Módulo Transceptor Inalámbrico.....	17
2.5.Medidor de pH.....	17
2.6.Medidor de O.R.P.....	17
2.7.Medidor de D.O.....	17
2.8.Medidor de turbidez.....	18
2.9.Medidor a 3 alturas del nivel de agua.....	18
2.10.Medidor de flujo.....	18
2.11.Rastreador GPS.....	18
2.12.Estación meteorológica.....	19
2.13.Sensor de presión de aire.....	19
2.14.Sensor de temperatura y humedad.....	19
2.15.Sensor de luminosidad.....	19
3.Metodología / Desarrollo del proyecto:.....	21
3.1.Diseño electrónico del sistema.....	21
3.1.1.Sistema de calidad y nivel.....	21
3.1.1.1.Conversor analógico-digital MCP3008.....	22

3.1.1.2.Medidor de pH.....	24
3.1.1.3.Medidor de O.R.P.....	24
3.1.1.4.Medidor de D.O.....	24
3.1.1.5.Medidor de turbidez.....	25
3.1.1.6.Medidor de nivel.....	25
3.1.1.7.Medidor de flujo.....	26
3.1.1.8.Sistema final.....	27
3.1.2.Estación meteorológica.....	28
3.1.2.1.Anemómetro.....	29
3.1.2.2.Pluviómetro.....	30
3.1.2.3.Sensor de temperatura y humedad.....	30
3.1.2.4.Sensor de presión atmosférica.....	31
3.1.2.5.Veleta.....	31
3.1.2.6.LDR.....	33
3.1.2.7.Sistema final.....	34
3.2.Servidor Web.....	36
4.Presupuesto.....	37
5.Conclusiones y desarrollo futuro:.....	39
Bibliografía:.....	40
Anexos:.....	40
1.Raspberry Pi.....	40
2.Códigos.....	40
3.Tablas.....	40
4.Esquemas.....	40

Índice de Figuras

Ilustración I: Diagrama de bloques del trabajo a realizar.....	11
Ilustración II: Diagrama de Gantt final.....	13
Ilustración III: Diagrama de Gantt inicial.....	13
Ilustración IV: Raspberry Pi 3.....	15
Ilustración V: Página web de connecterra.....	16
Ilustración VI: Escudo Base Elecrow.....	16
Ilustración VII: Módulo transceptor.....	17
Ilustración VIII: Medidor de pH.....	17
Ilustración IX: Medidor de O.R.P.....	17
Ilustración X: Medidor de D.O.....	17
Ilustración XI: Medidor de turbidez.....	18
Ilustración XII: Medidor a 3 alturas del nivel de agua.....	18
Ilustración XIII: Medidor de flujo.....	18
Ilustración XIV: Localizador GPS.....	18
Ilustración XV: Estación meteorológica.....	19
Ilustración XVI: Sensor de presión atmosférica.....	19
Ilustración XVII: Sensor de temperatura y humedad.....	19
Ilustración XVIII: Sensor de luminosidad.....	19
Ilustración XIX: Pines del ADC MCP3008.....	22
Ilustración XX: Conversor analógico-digital MCP3008.....	22
Ilustración XXI: Función para verificar funcionamiento del bus SPI.....	23
Ilustración XXII: Resultado del código de comprobación del bus SPI.....	24
Ilustración XXIII: Diagrama de bloques del sistema de calidad de agua.....	25
Ilustración XXIV: Diagrama de bloques del sistema de nivel.....	26
Ilustración XXV: Diagrama de bloques sistema de flujo.....	27
Ilustración XXVI: Conexión del sistema de calidad y nivel del agua.....	28
Ilustración XXVII: Diagrama de bloques del anemómetro.....	29
Ilustración XXVIII: Diagrama de bloques pluviómetro.....	30
Ilustración XXIX: Pines de conexión del DHT22.....	30
Ilustración XXX: Diagrama de bloques temperatura y humedad.....	31
Ilustración XXXI: Diagrama de bloques sensor de presión.....	31
Ilustración XXXII: Estructura interna de la veleta.....	32

Ilustración XXXIII: Diagrama de bloques de la función veleta.....	33
Ilustración XXXIV: Diagrama de bloques sensor luminosidad.....	34
Ilustración XXXV: Conexionado en caja estanca.....	35
Ilustración XXXVI: Conexionado en estación meteorológica.....	35
Ilustración XXXVII: Página Web del proyecto.....	36

1. Introducción

Actualmente, la tecnología está muy presente en nuestra vida cotidiana. En los últimos años, las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han contribuido a la generación de innumerables innovaciones tecnológicas, permitiendo cambios importantes en sectores productivos como la industria y la agricultura. Hoy en día las TIC inciden positivamente en la competitividad de las cadenas productivas, ya que reducen los costos de producción, agregan valor a los productos y potencian una oferta exportable de calidad. El acceso a información actualizada y sistematizada mejora los sistemas de gestión, influye en la toma de decisiones de las empresas y repercute en los costos y manejo de los riesgos.

En este proyecto se plantea ayudar al sector ganadero a incorporarse en el mundo de las tecnologías de la información y la comunicación con la construcción de un sistema que centralice diferentes dispositivos para un mayor control en las explotaciones.

Para la realización del seguimiento de las variables físicas se deberán utilizar transductores los cuales transformen la señal analógica recibida por los diferentes sensores en señal digital que pueda ser procesada por el dispositivo encargado de transmitir la información recolectada al servidor, en este caso el sistema elegido es la Raspberry Pi 3.

Mediante los puertos GPIO de la Raspberry Pi, interaccionan las señales acondicionadas procedentes de los diferentes sensores, a través de un Hat que convierte las señales analógicas en digitales.

Para conectar la Raspberry Pi a internet se ha optado por colocar una Raspberry Pi cerca de una vivienda adyacente a la granja con conexión a internet, esta Raspberry se conectará mediante wifi a la red y a través de una sistema de antenas con la Raspberry que este tomando medidas en la explotación.

Los dispositivos que se han implementado en la granja y que se explican en este documento son, un sensor de pH, uno del nivel de oxidación en el agua, ORP, otro del oxígeno disuelto, DO y uno de turbidez, estos cuatro sensores se han instalado en la zona de los abrevaderos, y se utilizan para medir la calidad del agua que los animales consumen, también se han colocado un sensor de nivel de agua y un medidor de flujo, con estos se controlarán problemas en la infraestructura de los abrevaderos, como por ejemplo una disminución del nivel de agua debido a un escape en el abrevadero, una estación meteorológica que constará de un pluviómetro, un anemómetro, una veleta para la dirección del viento, además de medidores de presión, temperatura y humedad, a las reses se les ha colocado un collar de una empresa holandesa, llamada connecterra, estos dispositivos mandan alertas sobre el estado de sus portadores, como tiempo de celo o enfermedad, a la infraestructura de la explotación se han instalado unas cámaras IP para la visualización del ganado y un dispositivo de localización GPS para vehículos, el cual ayudará a saber las horas de trabajo empleadas por la maquinaria relacionada con la granja.

1. Declaración de propósito

El objetivo de este proyecto es la realización de un sistema de control de granjas, automático y modular, para facilitar el trabajo de los empleados de explotaciones ganaderas, mejorar la vida de los animales y la rentabilidad de la explotación. Este sistema busca ser de bajo coste, para poder así ser accesible por el mayor número de ganaderos posible, no solo va dirigido a grandes explotaciones ganaderas si no también a pequeñas granjas familiares, aunque siempre con un objetivo marcado de obtener fiabilidad en las mediciones. Al ser un producto modular el dispositivo se puede adaptar a las necesidades de cada finca.

Para esta explotación en particular durante la realización del proyecto se implementarán varios sensores de control de calidad de agua, un dispositivos para el control del nivel del agua y otro para el consumo de la misma, una estación meteorológica, un sistema para el control de la salud de las reses, otro sistema de observación en tiempo real y un dispositivo de localización por GPS para un control de los gastos debidos a la maquinaria utilizada en la granja.

Para mostrar la información recopilada por los dispositivos se ha creado una página web en uno de los servidores de la empresa, la Raspberry Pi envía la información al servidor a través de Internet y ésta se almacena en una base de datos, cuando alguien accede a la página web estos datos son mostrados.

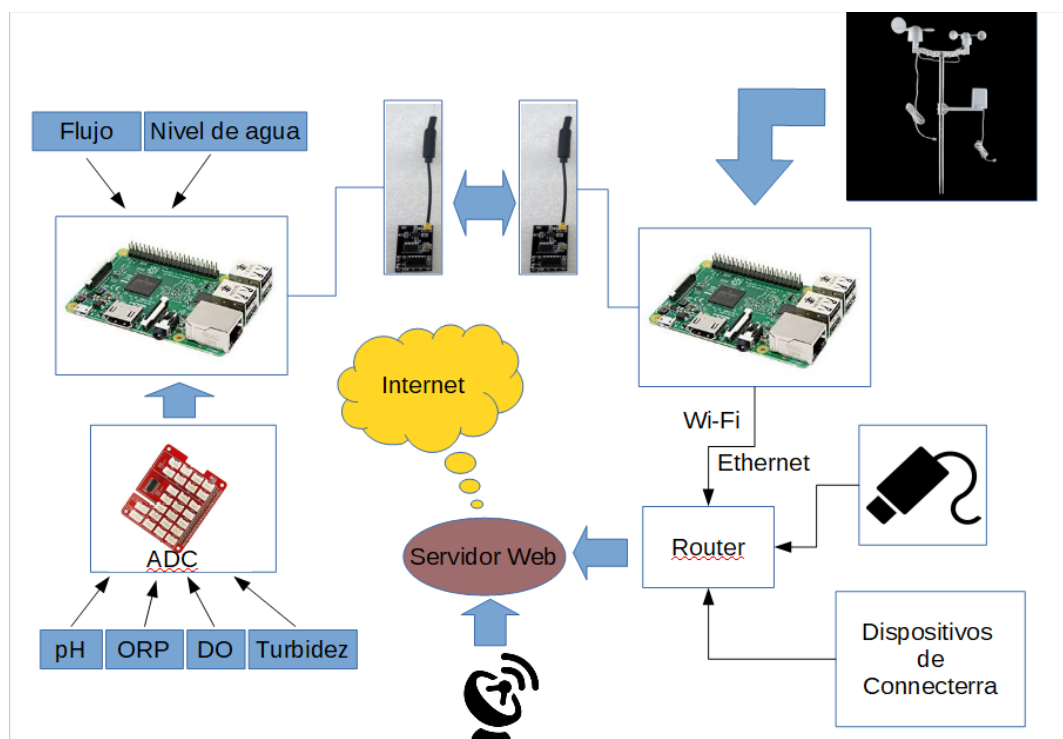


Ilustración I: Diagrama de bloques del trabajo a realizar

2. Métodos y procedimientos

Para la realización de este proyecto se han usado sistemas desarrollados por terceros, el sistema de monitorización del comportamiento de las vacas es un dispositivo desarrollado por Connecterra, la información de estos dispositivos es enviada al servidor de la propia compañía y para acceder a dicha información se ha creado un enlace en la página web del proyecto. En los sensores de calidad de agua se han usado fórmulas matemáticas dadas por los creadores para relacionar el valor eléctrico con el valor de la magnitud física.

3. Work Plan con tareas y diagrama de Gantt

Project: sistemas aplicados en las vacas	WP ref: (WP1)
Mayor constituent: software	

Short description: Los diferentes sistemas que actuarán de manera directa sobre los animales.	Planned start date: 20/10/2017 Planned end date:24/10/2017	
	Start event:20/10/2017 End event:24/10/2017	
Internal task T1: Collares para monitorizar el comportamiento de los animales con envío de avisos.	Deliverables:	Dates: 20/10-24/10

Project: sistemas aplicados en la granja.	WP ref: (WP2)	
Major constituent: software y hardware.	Sheet n of m	
Short description: Los diferentes sistemas utilizados para monitorizar diferentes aspectos de la explotación.	Planned start date:06/11/2017 Planned end date:20/11/2017	
	Start event:25/10/2017 End event:04/01/2018	
Internal task T1: Cámaras IP. Internal task T2: Estación meteorológica. Internal task T3: Sistema de control de abastecimiento de agua. Internal task T4: Control de calidad de agua.	Deliverables	Dates: 25/10-30/10 29/12-04/01 31/10-03/11 06/11-14/11

Project: sistemas aplicados en los vehículos	WP ref: (WP3)	
Major constituent: software		
Short description: Sistema para el control de horas de trabajo en tareas agrícolas con localización en tiempo real.	Planned start date:21/11/2017 Planned end date:11/12/2017	
	Start event:15/11/2017 End event:05/12/2017	

Project: sistema centralizado.	WP ref: (WP4)	
Major constituent: software.		
Short description: Para acceder a la información recogida por los diferentes sistemas a través de una página web es necesaria la utilización de un dispositivo en el que se almacene dicha información.	Planned start date:12/12/2017 Planned end date:30/12/2017	
	Start event:06/12/2017 End event:28/12/2017	
Internal task T1: creación servidor donde almacenar los datos.	Deliverables:	Dates: 06/12-07/12

Internal task T2: creación de página web desde la que visualizar los datos.		08/12-28/12
---	--	-------------

Project: instalación y puesta en marcha del sistemas.	WP ref: (WP5)
Major constituent: software y hardware.	
Short description: configuracion de todos los sistemas para su visualización online.	Planned start date:02/01/2018 Planned end date:25/01/2018
	Start event:05/01/2018 End event:25/01/2018

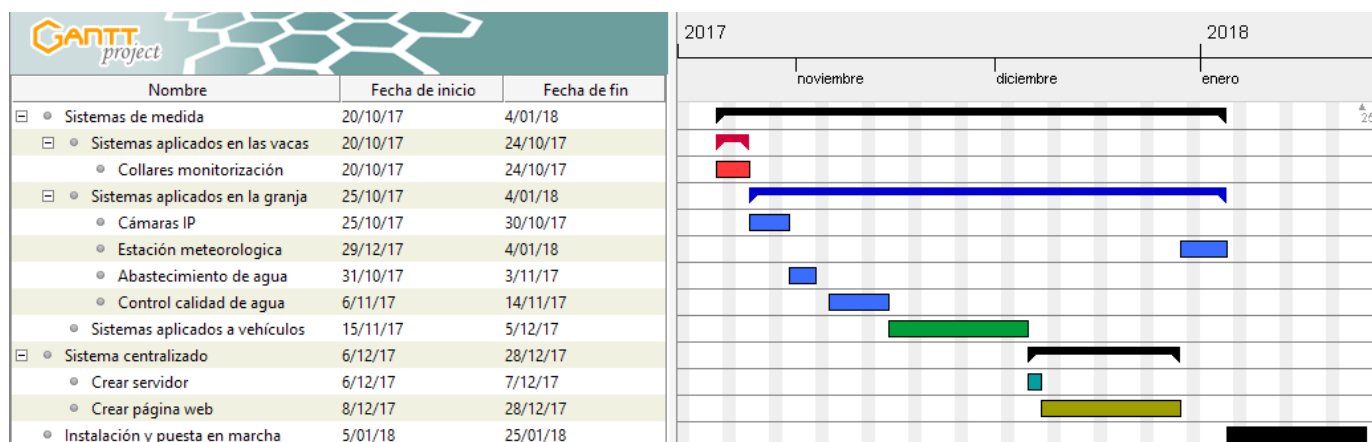


Ilustración II: Diagrama de Gantt final

4. Descripciones de las desviaciones del plan inicial

Para explicar a que se deben las diferencias entre el plan inicial con el plan que finalmente se ha llevado a cabo, se procede a comparar el diagrama de Gantt final del apartado anterior con el que vemos a continuación, que es el que se realizó al comienzo del proyecto.

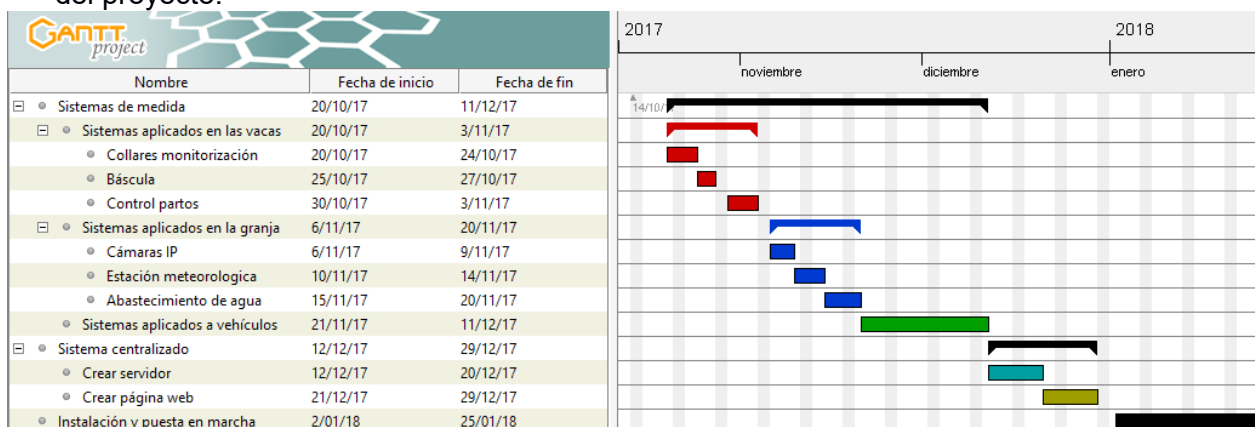


Ilustración III: Diagrama de Gantt inicial

Se pueden observar varias diferencias claras, la primera es que el número de tareas se ha reducido respecto del proyecto inicial, esto se ha debido a que, por un lado, debido a problemas logísticos se tuvo que retrasar en un principio las tareas de báscula y la estación meteorológica, pero finalmente ésta primera tuvo que ser cancelada ya que no llegó a tiempo y la estación meteorológica se realizó en los últimos días, además la instalación no pudo llevarse a cabo en el tiempo estimado, pero sí que se comprobó el correcto funcionamiento del sistema al completo en un entorno controlado.

Por otra parte, la tarea del control de partos no era necesaria ya que el sistema de monitorización del comportamiento de los animales de Connecterra ya incluía dicha función.

También se pueden observar variaciones entre el tiempo que se estimaba que se tardaría en realizar una tarea y el que realmente se ha tardado.

Por último, cabe destacar la inclusión de una tarea que en un primer momento no se consideró pero que al poco de comenzar el proyecto se vio que podría ser factible añadirle, esta es la tarea de la calidad del agua.

2. Estado del arte de la tecnología usada o aplicada en esta tesis:

2.1. Raspberry Pi 3

Raspberry Pi es un computador de placa reducida, computador de placa única o computador de placa simple (SBC) de bajo costo desarrollado en Reino Unido por la Fundación Raspberry Pi, con el objetivo de estimular la enseñanza de ciencias de la computación en las escuelas.

En todas sus versiones incluye un procesador Broadcom, una memoria RAM, una GPU, puertos USB, HDMI, Ethernet (El primer modelo no lo tenía), 40 pines GPIO y un conector para cámara. Ninguna de sus ediciones incluye memoria, siendo esta en su primera versión una tarjeta SD y en ediciones posteriores una tarjeta MicroSD.



Ilustración IV: Raspberry Pi 3

En este proyecto se ha decidido utilizar una Raspberry Pi 3 modelo B con SO raspbian, una adaptación de debian específica para Raspberry Pi, debido principalmente a un procesador más potente que versiones anteriores y a la inclusión de Wi-Fi sin necesidad de adaptadores. Para este proyecto se dispondrá de dos de estos computadores que se comunicaran entre sí.

2.2. Collares de Connecterra:

El sistema desarrollado por la empresa holandesa de Connecterra consta de varios dispositivos que se colocan en los cuellos de las vacas y toros de una explotación, en éstos hay un acelerómetro que toma varias muestras por segundo, estos datos son enviados a una estación base situada en la granja y ésta, a través de internet, manda la información a la empresa, donde procesan la información recopilada, con esos datos pueden saber el tiempo que un animal esta comiendo, bebiendo, rumiando, andando, de pie o tumbado, cuando uno de estos datos difiere de la normalidad se generan alertas en la página web, lo que permite tener mayor control sobre los animales y mejorar notablemente su vida en la explotación.

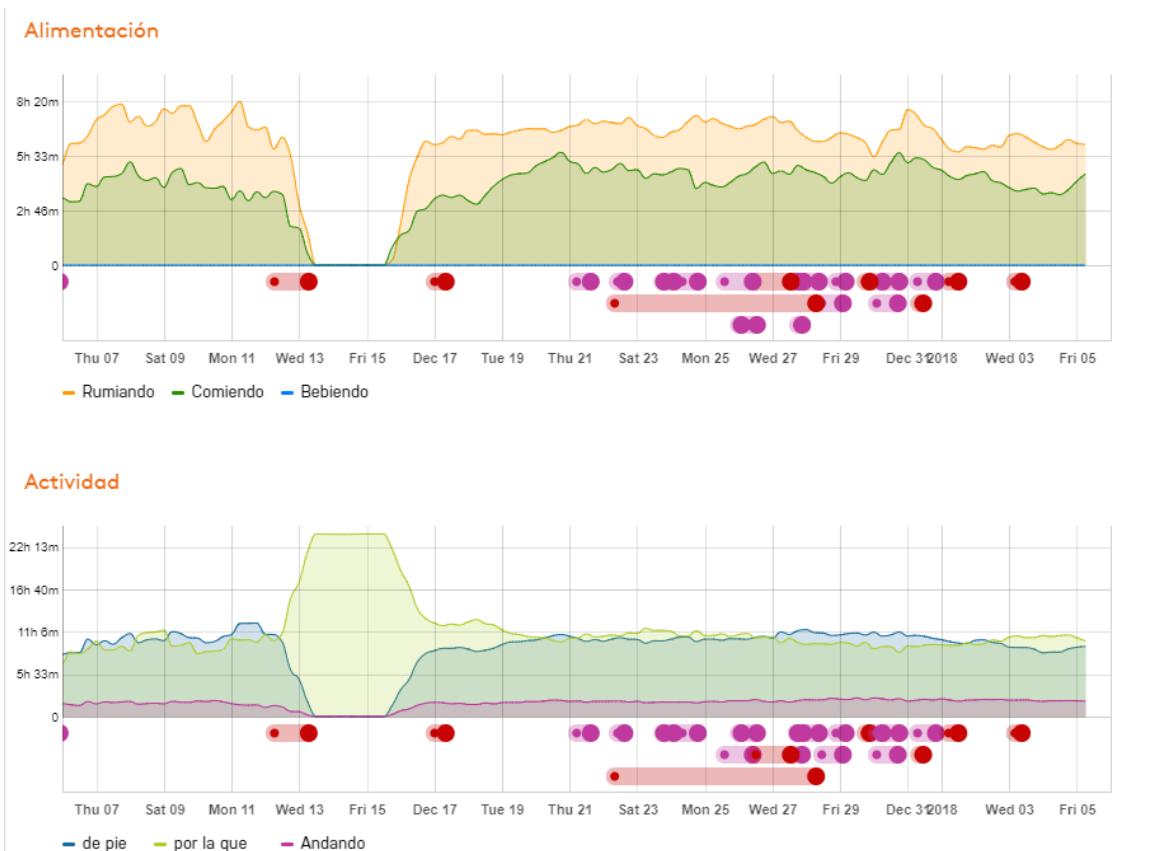


Ilustración V: Página web de connecterra

En la figura anterior podemos observar dos gráficos, en el primero se representa el tiempo de comida, bebida y rumia, en el segundo, el tiempo andando, tumbado y de pie. Las marcas rojas y rosas bajo los gráficos son alertas, las rojas indican una diferencia de las medidas tomadas con las que suele haber y las rosas son avisos del estado del animal, si la res esta en celo o de parto aparece una alerta rosa.

2.3. Escudo Base Elecrow para Raspberry Pi 3

Se trata de un Hat para Raspberry Pi que incluye un ADC. En este caso, el convertidor de analógico a digital que incluye es el MCP3008.

El Hat ha sido diseñado por la empresa Elecrow, el chip, MCP3008, permite convertir hasta 8 señales analógicas en digitales, además, la placa también consta de varios conectores digitales, para aquellos sensores que no necesitan la conversión de sus señales.



Ilustración VI: Escudo Base Elecrow

2.4. Módulo Transceptor Inalámbrico

Se trata de un dispositivo diseñado por la empresa eletechsup para la comunicación inalámbrica a través del puerto serie entre computadores de placa reducida, como son las Raspberrys o los arduinos.

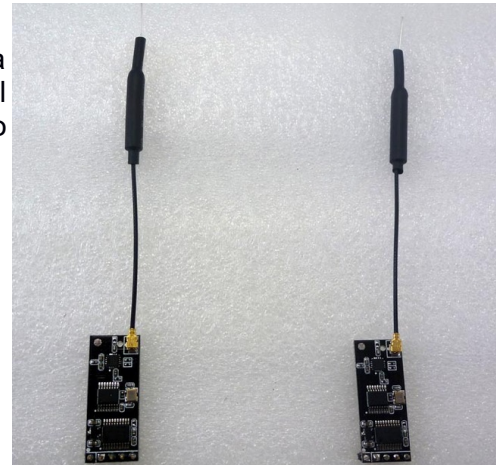


Ilustración VII: Módulo transceptor



Ilustración VIII: Medidor de pH

2.5. Medidor de pH

El sen0169, fabricado por DFRobot, mide el nivel de pH en un medio líquido, ha sido diseñado específicamente para arduino, pero gracias al ADC puede usarse en una Raspberry Pi sin ningún inconveniente. Las medidas se realizan gracias a un electrodo de cristal con baja impedancia y a un electrodo de referencia de plata.

2.6. Medidor de O.R.P.

El dispositivo empleado en este proyecto para realizar las medidas del potencial Redox es el sensor sen0165 de DFRobot, el elemento de medida de esta sonda es un electrodo de platino que al comparar la medida con un electrodo de referencia calcula el valor de O.R.P. A través de una placa controladora este dispositivo puede conectarse a una gran variedad de microcontroladores directamente si tienen una entrada analógica o a través de un conversor analógico-digital si solo posee entradas digitales.



Ilustración IX: Medidor de O.R.P.

2.7. Medidor de D.O.

Diseñado por Atlas Scientific, se trata de un dispositivo para medir el oxígeno disuelto en el agua. Este sensor consiste en una membrana de polietileno, un ánodo bañado en un electrolito y un cátodo. Las moléculas de oxígeno atraviesan la membrana y se crea una pequeña corriente eléctrica. Si no hay moléculas de oxígeno presentes la salida del medidor será 0mV.



Ilustración X: Medidor de D.O.

2.8. Medidor de turbidez

El sensor que se ha decidido usar para el control de este parámetro es el sen0189 de DFRobot, cuya salida es menor cuanto mayor es el número de partículas sólidas en el líquido que se está midiendo. Este sensor permite modificar su salida como valor analógico o digital, en el caso de una salida analógica, el equipo mandará un valor entre 0V y 4,5V en función de la transparencia del líquido, cuanto mayor sea la transparencia mayor será el voltaje, la salida digital se usa para saber si la turbidez del agua esta por encima o por debajo de un umbral establecido gracias al transistor que la placa controladora incorpora, en el caso de este proyecto se usa la salida analógica para obtener un valor en función de la turbidez del agua, por lo que se deberá conectar al ADC.

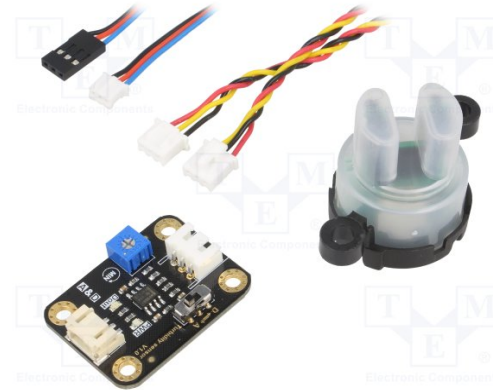


Ilustración XI: Medidor de turbidez

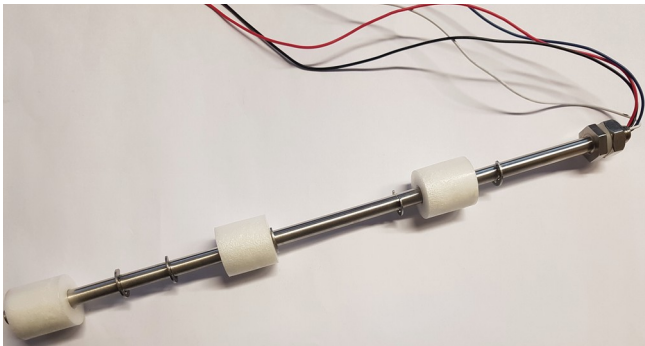


Ilustración XII: Medidor a 3 alturas del nivel de agua

2.9. Medidor a 3 alturas del nivel de agua

Sensor cableado que permite la detección del nivel de agua. Se trata de una barra de 30 cm de longitud que dispone de 3 detectores a 3 niveles diferentes de altura. Los 3 sensores son de tipo boya de forma que al llegar el agua a la altura de cada sensor, este queda activado hasta que el agua se retire. La separación de los sensores con respecto a la parte más baja es de 5 cm, 12 cm y 24 cm.

2.10. Medidor de flujo

El sensor YF-S201, es un dispositivo que contiene un molino para medir la cantidad de líquido que ha pasado a través de él, gracias a un sensor magnético de efecto Hall, éste manda un impulso eléctrico con cada revolución. Cada pulso es aproximadamente 2,25mL. Consta de tres cables, rojo(energía), negro(masa) y amarillo(salida de pulsos de efecto Hall).



Ilustración XIII: Medidor de flujo



2.11. Rastreador GPS

El rastreador CCTR-808S es un localizador GPS para vehículos, consta de un panel solar para cargar la batería, pines magnéticos extra fuertes, resistencia al agua, envío en tiempo

Ilustración XIV: Localizador GPS

real de la posición al servidor... Además, este dispositivo permite elegir la dirección IP a la que la información será enviada.

2.12. Estación meteorológica

Diseñada por la empresa MI-SOL, se trata de un dispositivo para la medición de los fenómenos atmosféricos, consta de un medidor de la velocidad del aire, una veleta para la dirección del mismo y un pluviómetro para medir la cantidad de lluvia precipitada.



Ilustración XV: Estación meteorológica

2.13. Sensor de presión de aire

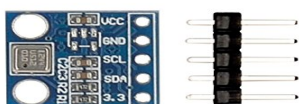


Ilustración XVI: Sensor de presión atmosférica

El sensor BMP180, es un dispositivo digital para medir la presión atmosférica que utiliza el protocolo I2C para las comunicaciones. El sensor tiene 5 puertos, por un lado la alimentación, puede conectarse a 5V o a 3,3V y dos puertos encargados de la comunicación SDA y SCL.

2.14. Sensor de temperatura y humedad

El DHT22 es un sensor fiable para detectar la temperatura y la humedad. Como puede ser operado tanto a voltajes de 3,3V como de 5V es idóneo para conectar a la Raspberry Pi. Además la salida se efectúa en serie, en una secuencia de bits digital, por tanto solo es necesario conectar un pin para la obtención de información.



Ilustración XVII: Sensor de temperatura y humedad

2.15. Sensor de luminosidad

Se trata del fotoresistor GL5516. Los sensores de temperatura y humedad fotoresistores son resistencias variables que modifican su valor en función de la luz que incide sobre ellos. Este fotoresistor aumenta su resistencia cuando disminuye la luz sobre él y viceversa, disminuye la resistencia con el aumento de la luz.



Ilustración XVIII: Sensor de luminosidad

3. Metodología / Desarrollo del proyecto:

Para explicar el desarrollo de este trabajo se ha desglosado en dos fases, en la primera se hablará sobre el diseño electrónico del sistema y como se conectan los sensores a la Raspberry, además, se mostrará el código empleado para la obtención de los datos y la transmisión de estos datos al servidor y en la segunda se explicará que se hace con los datos una vez en el servidor.

3.1. Diseño electrónico del sistema

En este apartado se explicará, más en detalle, la utilización de todos los componentes electrónicos que se conectarán a la Raspberry Pi, el funcionamiento, la realización de las conexiones y el software desarrollado para la adquisición de los datos.

Se comenzará explicando el sistema de calidad y nivel de agua, luego se continuará con los sensores de la estación meteorológica y para terminar se mostrará el diseño final, con todos los componentes así como la construcción de la placa.

Cabe recordar que en este proyecto se utilizan tanto sensores analógicos como digitales, a la hora de realizar las conexiones con la Raspberry hay que tenerlo en cuenta, los sensores digitales se podrán conectar directamente al mini computador, algunos dispositivos analógicos, debido a su funcionamiento, también se conectaran directamente, mientras que otros deberán ser conectados a través de un ADC.

3.1.1. Sistema de calidad y nivel

El agua químicamente pura es la combinación del hidrógeno con el oxígeno. Al estado natural, es clara, sin color, ni olor. El agua forma parte de la alimentación de los animales, y después del oxígeno, es el componente más importante e indispensable para la vida sobre la tierra.

Los animales utilizan el agua para su nutrición y crecimiento, y la obtienen de tres fuentes: la contenida en el alimento, la que se produce durante el proceso de asimilación de los mismos, y el agua de bebida.

Desde el punto de vista físico, el agua actúa en el animal como un amortiguador entre su propia temperatura y el medio ambiente. Desde el punto de vista nutricional, se comporta como un solvente universal. El agua favorece el ablandamiento y fermentación de los alimentos, permitiendo su asimilación y la excreción de orina y heces.

El agua, si posee la salinidad adecuada, puede hacer una buena contribución al consumo de minerales por parte del animal, alcanzando valores en bovinos del orden del 20% para el calcio (Ca), 11% para el magnesio (Mg), 35% para el sodio (Na), 28% para el azufre (S).

La calidad del agua de bebida para los animales es tan importante como la cantidad. El agua que bebe el animal debe ser limpia, inodora, incolora e insípida.

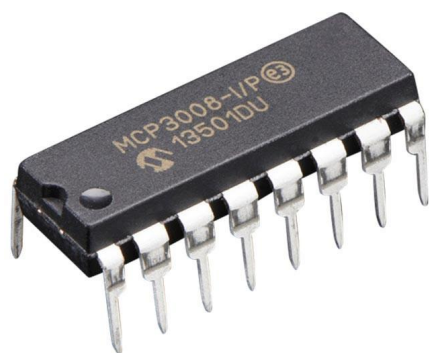
La ingesta de agua de baja calidad determina pérdida de estado en los animales, falta de apetito, trastornos digestivos, reducción en la producción láctea, alteración en la reproducción y en los casos más extremos hasta la muerte. No obstante, en la práctica, es difícil determinar cuáles son las características que debe reunir el agua de bebida, ya que los animales suelen acostumbrarse con el paso del tiempo a determinada calidad de agua. El agua per-se no es tóxica. Los efectos tóxicos o nutricionales de la misma son debidos al tipo de sales disueltas en el agua, a su concentración, forma iónica y comportamiento fisiológico.

En este apartado se explican los siguientes dispositivos, los medidores de pH, de ORP, de DO y de turbidez, así como el sensor de nivel y el medidor de flujo. Todos los dispositivos del sistema de calidad del agua son analógicos y deberán ir conectados al ADC para poder ser usados, por este motivo, se va a empezar explicando el funcionamiento del convertidor analógico-digital MCP3008.

3.1.1.1. Conversor analógico-digital MCP3008

Debido a que se están utilizando sensores analógicos y las entradas de la Raspberry Pi son completamente digitales, es necesaria la utilización de un conversor analógico-digital. En este caso se ha decidido usar el chip MCP3008, el cual es un conversor de 8 canales con 10 bits de resolución. La razón principal para elegir este ADC en lugar de otro es su bajo coste y la facilidad de conexión ya que no requiere de ningún componente adicional. Otra ventaja de este conversor es que utiliza el bus SPI, el cual como se ha explicado antes, es soportado por la Raspberry Pi, por lo que la comunicación entre ésta y el conversor se simplifica en gran medida.

El MCP3008 está formado por 16 pines, 8 para la recogida de datos analógicos, la alimentación se conecta a través de los pines V_{DD} y $DGND$, el pin $AGND$ se utiliza para circuitos de alta precisión y se conectaría a la masa analógica. V_{REF} es utilizado para modificar la escala de las entradas analógicas. También encontramos los pines de CLK (reloj), CS (selector de chip), D_{OUT} (salida digital) y D_{IN} (entrada digital).



CH0	1	16	V_{DD}
CH1	2	15	V_{REF}
CH2	3	14	$AGND$
CH3	4	13	CLK
CH4	5	12	D_{OUT}
CH5	6	11	D_{IN}
CH6	7	10	$\overline{CS}/SHDN$
CH7	8	9	$DGND$

Ilustración XX: Conversor analógico-digital MCP3008

Ilustración XIX: Pines del ADC MCP3008

El conexionado que se ha realizado para la comunicación con la Raspberry Pi consta de 4 puertos GPIO que se comunican con 4 pines del MCP3008, concretamente el pin 13 del MCP3008 que se identifica con CLK se conecta con el puerto GPIO11 y será el encargado de proporcionar el sincronismo a la comunicación. El pin 12 y el pin 11 del MCP3008 son los encargados de la entrada y salida de información de conectaran con los puertos GPIO 10 y 9, por último el puerto 10 utilizado para la conexión de más dispositivos SPI se conectara al puerto GPIO 8. Para esta parte del proyecto se emplea un Hat de Raspberry Pi 3 que incluye el ADC MCP3008.

Para utilizarlo solo hay que ponerlo sobre la Raspberry Pi, activar el bus SPI en la Raspberry Pi para permitir la comunicación y descargar la librería de comunicación del bus SPI que se encuentra en Internet. Después solo queda conectar los sensores analógicos a las entradas de señal y con un simple software leer los valores. En el documento “AnexoEsquemas” se observa el esquema de conexión entre el ADC y la placa.

Una vez habilitado el protocolo SPI (Mirar anexo “Habilitación y configuración Bus SPI”) es hora de cargar e instalar los Drivers y módulos necesarios para la transmisión de los datos. Hay que escribir los siguientes comandos en la consola de la Raspberry Pi y confirmarlos presionando enter después de cada uno.

```
sudo apt-get update
```

```
sudo apt-get install python-imaging python-imaging-tk python-pip python-dev git
```

```
sudo pip install spidev
```

```
sudo pip install wiringpi
```

Como antes, para que los datos se apliquen es necesario reiniciar.

Una vez descargados todos los módulos necesarios la Raspberry ya esta lista para comunicarse con dispositivos SPI. Con el siguiente código se leerá la tensión de entrada en un canal que ha sido conectado a 3,3V a modo de prueba.

```
import time
import spidev

spi = spidev.SpiDev()
spi.open(0,0)

def readadc(adcnun):
    if (adcnun > 7 or adcnun < 0):
        return -1
    r = spi.xfer2([1,8+adcnun <<4,0])
    adcout = ((r[1]&3)<<8) + r[2]
    return adcout

try:
    while True:
        valor = readadc(0)
        print (valor)
        voltaje = round(((valor*3300)/1024),2)
        print("Voltaje(mv): ", voltaje)
        print("=====")
        time.sleep(2)

except KeyboardInterrupt:
    spi.close
```

Ilustración XXI: Función para verificar funcionamiento del bus SPI

Al ejecutar este código y tener conectado el canal 0 a 3,3V se obtiene el siguiente resultado.

```
pi@raspberrypi:~/Sensores $ python3 prueba.py
1023
Voltaje(mv): 3296.78
=====
1023
Voltaje(mv): 3296.78
=====
1023
Voltaje(mv): 3296.78
=====
1023
Voltaje(mv): 3296.78
=====
1023
Voltaje(mv): 3296.78
=====
```

Ilustración XXII: Resultado del código de comprobación del bus SPI

Por lo tanto, la instalación de la interfaz SPI se ha realizado correctamente y ya se pueden leer valores analógicos en la Raspberry Pi gracias al chip MCP3008.

3.1.1.2. Medidor de pH

En el datasheet del dispositivo se puede encontrar la relación entre el voltaje dado por la sonda y el valor en pH de la medida, esta tabla puede encontrarse en el documento “AnexoTablas” con el nombre de “*Rangos de medidas sonda de pH*”.

La conexión de es muy simple, solo hay que conectar la alimentación a los pines correspondientes de la Raspberry Pi y el cable de señal a un puerto analógico del Hat, tal como se muestra en la imagen. *En el documento “AnexoEsquemas” se observa el esquema de conexión.*

A pesar de que las entradas analógicas tienen pines para alimentar los sensores que se conecten a ellas, éstos alimentan a 3,3V y no sirven para los sensores de calidad de agua ya que funcionan a 5V.

3.1.1.3. Medidor de O.R.P.

La sonda para medir el O.R.P. se conecta de la misma forma que el sensor anterior.

Puede verse la conexión a la Raspberry Pi en el documento “*AnexoEsquemas*”.

En ambos casos la conexión del sensor es muy simple, se alimenta con 5V, por lo que puede alimentarse directamente con la Raspberry Pi y la salida de señal se conecta a una de las entradas analógicas del ADC, como se observa en la imagen.

3.1.1.4. Medidor de D.O.

La conexión de este dispositivo es muy simple, a través de un conector BNC hembra se conecta el ground de la Raspberry Pi a la masa del conector y la señal a la entrada analógica del Hat de la Raspberry, puede verse la conexión a la Raspberry Pi en el documento “*AnexoEsquemas*”.. A diferencia de los otros dispositivos este no cuenta con una placa controladora.

3.1.1.5. Medidor de turbidez

Como en los dispositivos anteriores la conexión es directa entre el ADC y la placa controladora del sensor, puede verse la conexión a la Raspberry Pi en el documento “AnexoEsquemas”.

En estos cuatro sistemas el software para realizar la lectura de datos responde al siguiente diagrama.

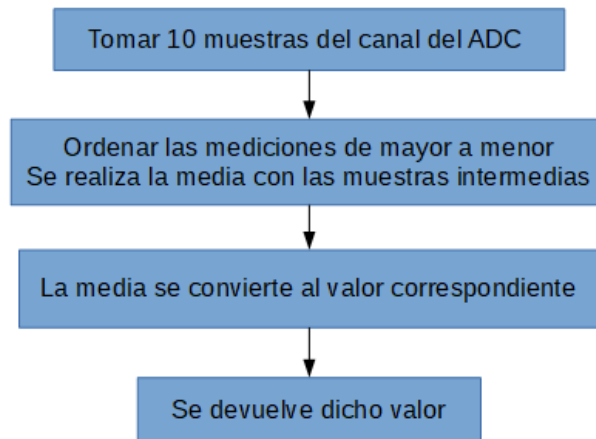


Ilustración XXIII: Diagrama de bloques del sistema de calidad de agua

El código que corresponde con el diagrama puede verse en el documento “Anexo Códigos”.

3.1.1.6. Medidor de nivel

Con este proyecto se quiere poder tener un mayor control sobre muchos aspectos de una explotación ganadera. Uno de estos aspectos es reducir el tiempo de respuesta frente a diferentes emergencias que puedan surgir en un determinado momento.

El medidor de nivel es un dispositivo que contribuirá en esta tarea, aunque en este proyecto solo se medirá la altura y se mostrará en la página web, la idea es mejorar este sistema para que más adelante corte el suministro de agua en caso de pérdida y mande una alerta para avisar del problema.

El sensor de nivel consta de tres boyas puestas a diferentes alturas, lo que permite conocer el nivel del agua en tres posiciones diferentes, el funcionamiento de cada boya es como un interruptor, cuando la boya se eleva debido al agua y llega al tope la salida de este sensor se pone a “1”, mientras la boya no toque arriba la salida permanecerá a “0”. Por tanto este sensor es digital y consta de 3 cables para las salidas de los “interruptores” y un cable más conectado a 3,3V, para que el sistema funcione, las salidas deben ir conectadas a masa a través de una resistencia para evitar que el valor que recibe el pin varíe cuando los “interruptores” estén abiertos, puede verse la conexión a la Raspberry Pi en el documento “AnexoEsquemas”.

Al hacer la conexión a la Raspberry Pi podemos prescindir de las resistencias ya que esta placa permite configurar los pines para que en caso de no llegarles ningún valor muestren un “0” o un “1”, en este caso es necesario que los pines muestren un “0” cuando no están recibiendo ningún valor, por lo que se les configurará una resistencia de pull-down.

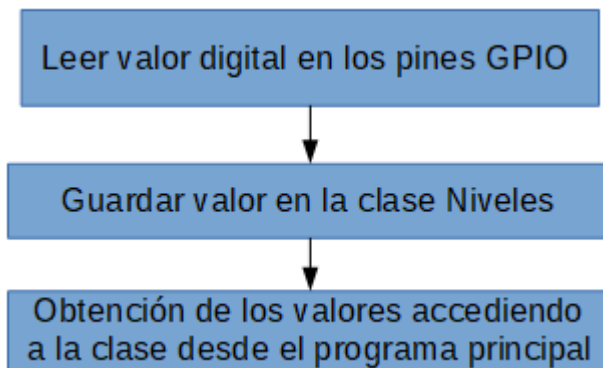


Ilustración XXIV: Diagrama de bloques del sistema de nivel

3.1.1.7. Medidor de flujo

Sensor para medir la cantidad de agua empleada en los bebederos.

El sensor empleado tiene un voltaje de salida de 5V por lo que no se puede conectar directamente al pin de la Raspberry Pi ya que el máximo voltaje que admite es de 3,3V, por ello la salida deberá ir conectada a un divisor de tensión que reduzca el voltaje de salida.

El funcionamiento de este sensor es muy simple, dentro del tubo tiene un molino que gira al pasar el agua, una de las aspas de este molino contiene un pequeñísimo imán y con la ayuda de un sensor magnético de efecto Hall se pueden medir las vueltas que da el molino y así saber la cantidad de agua que ha pasado a través de él. Por tanto el funcionamiento es como el de un interruptor que se cierra cada vez que el imán del aspa se acerca al sensor magnético. Puede verse la conexión a la Raspberry Pi en el documento “*AnexoEsquemas*”.

Por lo tanto para medir los litros de agua que han pasado por el sensor hay que saber a cuanto equivale una vuelta y multiplicar este valor por el número de vueltas que ha dado.

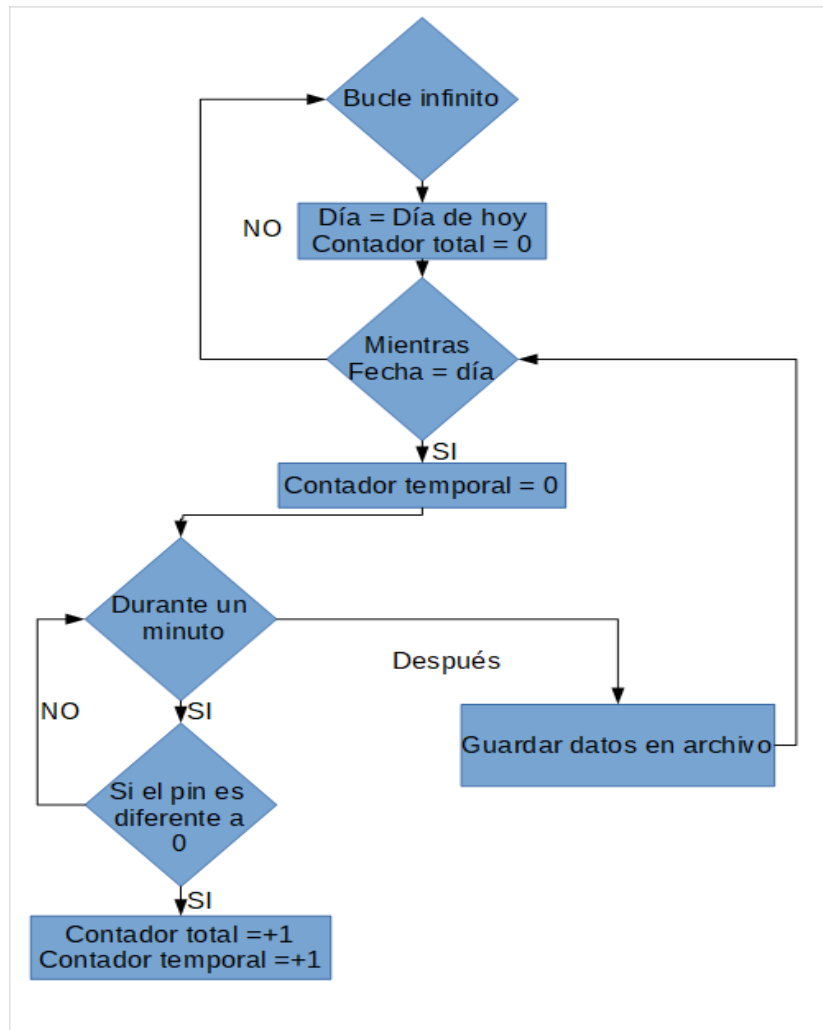


Ilustración XXV: Diagrama de bloques sistema de flujo

3.1.1.8. Sistema final

Para evitar que los dispositivos eléctricos se mojen se pondrán en el interior de una caja estanca que los protegerá de las inclemencias del tiempo.

Debido a que la mayoría de dispositivos necesitan de un voltaje de 5V para su funcionamiento y como la Raspberry solo tiene dos pines que aporten ese voltaje, los sensores se conectarán a una tabla perforada donde las masas y V_{DD} de cada uno se agruparán para que solo sea necesario un pin de V_{DD} y otro de masa para alimentarlos.

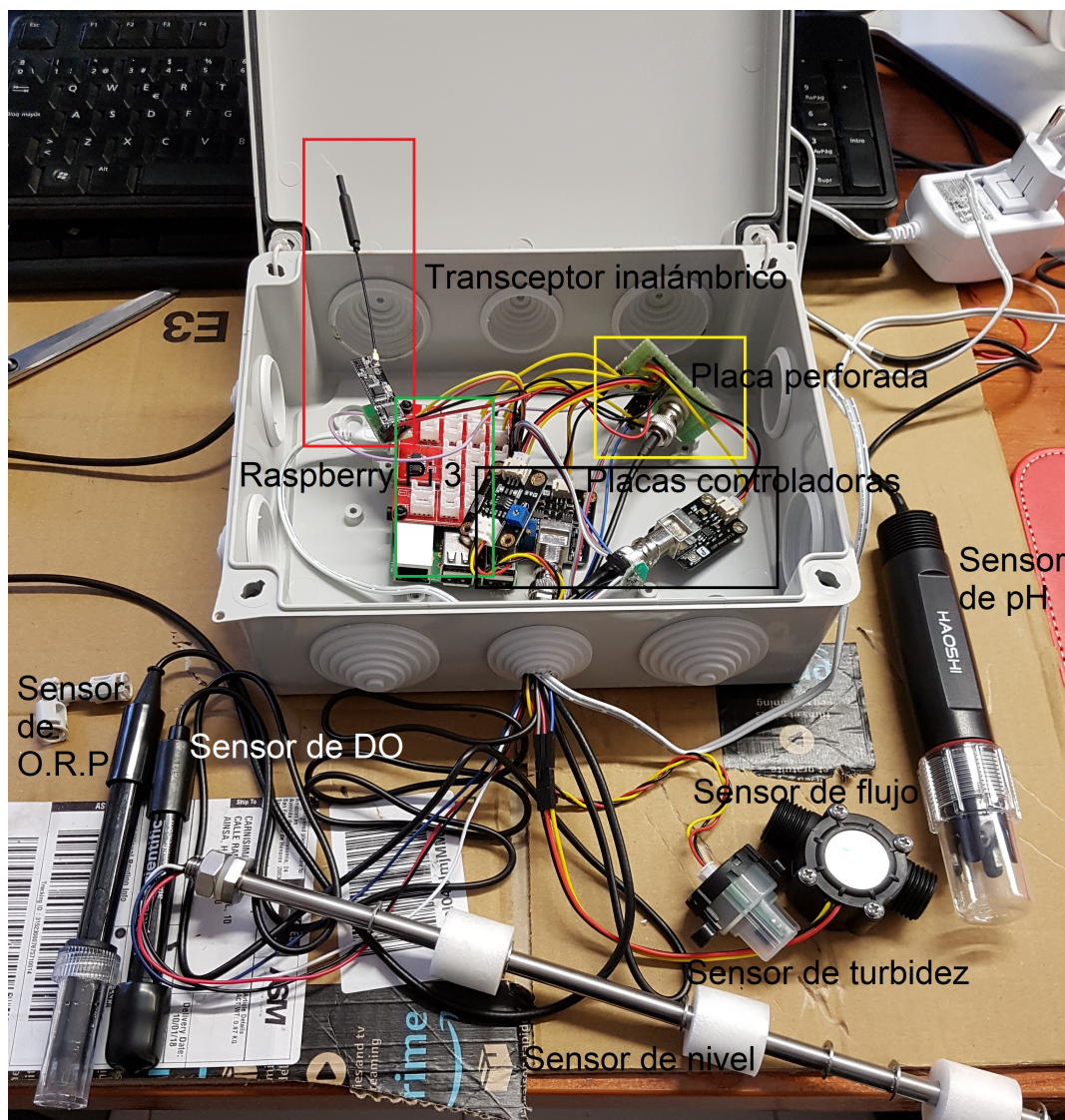


Ilustración XXVI: Conexión del sistema de calidad y nivel del agua

Toda la información recopilada por los diferentes sensores explicados anteriormente debe ser enviada al servidor online, para ello es necesario que la Raspberry Pi tenga conexión a Internet, ya sea por cable, Wi-Fi o un módulo de telefonía móvil.

En este caso, debido a que en las cercanías de la granja hay conexión a Internet por Wi-Fi pero no lo suficientemente cerca de los bebederos como para conectar la Raspberry de esta forma a la nube, se ha decidido implantar un sistema transceptor que conectará esta Raspberry Pi con otra que controlará la estación meteorológica y se encontrará dentro del alcance de la red Wi-Fi, por lo que los datos serán enviados desde una primera Raspberry a otra y de esa segunda se subirán los datos al servidor.

El código de transmisión y de recepción de los datos puede observarse en el documento “anexo Códigos”.

3.1.2. Estación meteorológica

El efecto del clima en el ganado bovino es variable y complejo, ya que condiciona el medioambiente en el que los animales viven y se reproducen. Sus influencias en el bienestar y producción animal han sido reconocidas y estudiadas desde 1950. El clima afecta al ganado directa e indirectamente, ya que modifica la calidad y/o cantidad de alimentos disponibles, los requerimientos de agua y energía, la cantidad de energía

consumida y el uso de ésta. Los animales hacen frente a las condiciones adversas del clima mediante la modificación de mecanismos fisiológicos y de comportamiento para mantener su temperatura corporal dentro de un rango normal. Como consecuencia, es posible observar alteraciones en el consumo de alimento, comportamiento y productividad. Estos cambios se acentúan bajo condiciones extremas de frío o calor, implicando drásticas reducciones en los índices productivos, tales como tasa de ganancia de peso y producción diaria de leche.

La estación meteorológica que se ha incluido en este proyecto medirá los parámetros básicos en este tipo de sistemas, la velocidad y dirección del viento, la precipitación de lluvia, la presión atmosférica, la temperatura, la humedad y la luminosidad.

3.1.2.1. Anemómetro

Un anemómetro es un dispositivo empleado para la medición de la velocidad del viento, en este caso se empleará un sensor analógico, pasivo de efecto Hall. Este sensor se puede encontrar en el kit Estación Meteorológica MS-WH-SP-WS02 del fabricante MI-SOL.

El funcionamiento de este tipo de sensores es muy sencillo, es similar al medidor de flujo explicado anteriormente en este mismo documento, cada vez que el anemómetro dé una vuelta se comportará como un interruptor que se abre y se cierra. El esquema equivalente puede verse en el documento “AnexoEsquemas”.

A pesar de que sea un sensor analógico, debido a su funcionamiento como interruptor no es necesaria la intervención de un ADC ya que cada vez que el anemómetro dé una vuelta la Raspberry recibirá un pico de tensión que interpretará como un “1” lógico, por lo que se puede calcular la velocidad del viento llevando la cuenta de las vueltas que ha dado en un intervalo de tiempo.

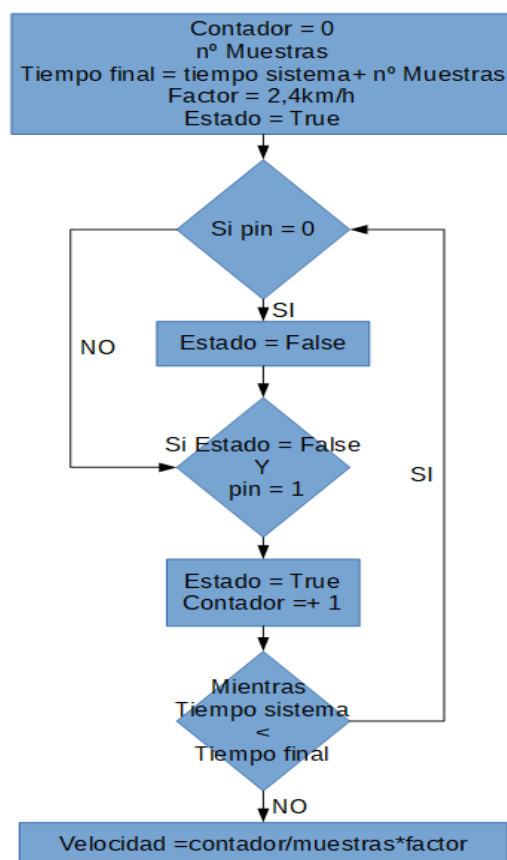


Ilustración XXVII: Diagrama de bloques del anemómetro

3.1.2.2. Pluviómetro

El pluviómetro es el encargado de proporcionar los datos de precipitación, para ello se utiliza un pluviómetro electromecánico, muy similar al funcionamiento del anemómetro comentado en el punto anterior, ya que cada vez que hay circulación de precipitación este sensor cierra un contacto magnético, por lo que su comportamiento es como un interruptor. Por tanto, se trata de un sensor analógico aunque debido a su comportamiento como un interruptor no es necesario ningún conversor analógico- digital, ya que se obtendrá un pulso cada vez que por el pase 0,2794 mm de precipitación. Conectando directamente el sensor a la Raspberry Pi, se capturan los trenes de pulsos necesarios para conocer la cantidad de precipitación, ya que el sensor se modela tal y como observamos en el esquema en el “AnexoEsquemas”.

La adquisición de datos de precipitación se realizara mediante la utilización de interrupciones, esto es debido a que se esta trabajando con un sensor analógico el cual cada vez que capta 0,2794 mm de precipitación envía un pulso al puerto GPIO. Por lo que para conocer la precipitación caída se debe llevar la cuenta de los pulsos ocurridos. El uso de las interrupciones facilita mucho la tarea de detectar cambios de estado en el puerto GPIO, ya que de esta manera, cada vez que la Raspberry detecte automáticamente un cambio de estado en el puerto, interrumpirá la ejecución del código para saltar hacia una la función predeterminada.

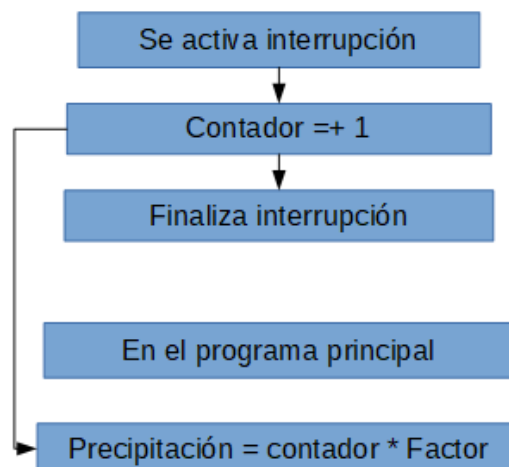


Ilustración XXVIII: Diagrama de bloques pluviómetro

3.1.2.3. Sensor de temperatura y humedad

El sensor DHT22 aportará información sobre la temperatura y humedad ambiental el sensor es digital y envía la información por un único canal, por lo que solo es necesario un pin GPIO para conectarse con el dispositivo.

El sensor consta de cuatro patas, dos de alimentación, una de datos y una cuarta que no se debe conectar.

La conexión de este dispositivo se efectuará mediante una resistencia de pull-up, como se muestra en el esquema en el documento “AnexoEsquemas”.



Para realizar las lecturas de este sensor se dispone de la librería para Raspberry Pi Adafruit_Python_DHT, para

Ilustración XXIX: Pines de conexión del DHT22

devolver el valor de temperatura y humedad, esta librería solo necesita que se le pase el modelo del sensor DHT11, DHT22 o AM2302 y el pin del puerto GPIO en el que se ha conectado dicho sensor. La instalación de dicha librería puede observarse en el documento “*anexoRPi*”.

El diagrama de bloques correspondiente a este sistema es el siguiente.

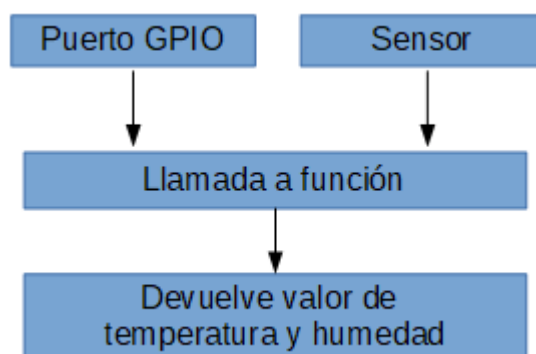


Ilustración XXX: Diagrama de bloques temperatura y humedad

3.1.2.4. Sensor de presión atmosférica

Como el sensor elegido para la presión incorpora el bus de comunicación I2C la conexión con la Raspberry Pi es muy simple, puede verse en el “AnexoEsquemas”.

Para la lectura de los datos enviados por el sensor es necesaria la utilización de la librería Adafruit_Python_BMP. El siguiente diagrama de bloques da una idea de lo que se quiere que realice la función.

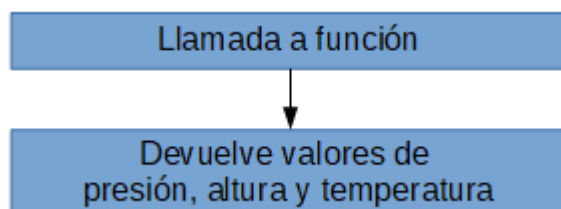


Ilustración XXXI: Diagrama de bloques sensor de presión

La instalación de la librería puede verse en el documento “*AnexoRPi*”.

3.1.2.5. Veleta

La estructura interna de la veleta se puede observar en la siguiente imagen, en la que se ve que el valor de la resistencia va variando dependiendo de hacia dónde apunte la veleta, también se observa el circuito que propone el fabricante con una salida para poder determinar la dirección del viento.

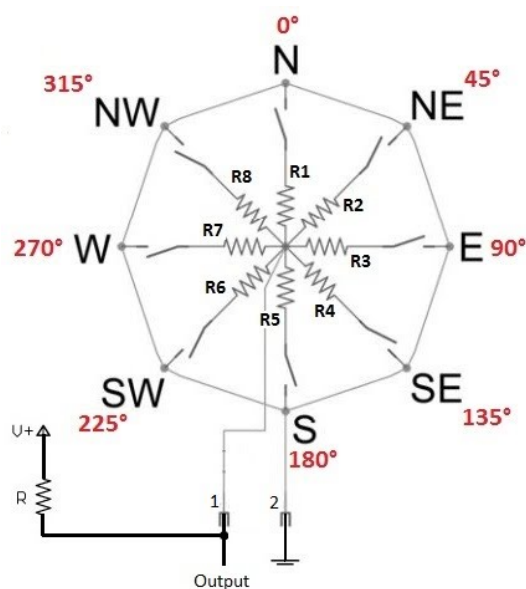


Ilustración XXXII: Estructura interna de la veleta

Por lo tanto, la veleta se comporta como una resistencia variable y mediante un divisor de tensión se puede extraer la dirección del viento.

Puede verse el esquema eléctrico equivalente en el documento “AnexoEsquemas”.

Con el fin de saber el voltaje de salida en cada dirección se ha medido la resistencia en cada dirección y se ha calculado el divisor de tensión con una alimentación de 3.3V y una resistencia de 10kΩ.

$$V_{out} = I * R_{veleta} = \frac{R_{veleta}}{R_1 + R_{veleta}} * V$$

$$V = 3,3 V ; R_1 = 10 k \Omega$$

La tabla con las direcciones en función de la resistencia y del voltaje de salida puede encontrarse en el documento “AnexoTablas”.

Para obtener la dirección del viento se lee el valor desde el conversor analógico-digital, este valor se convierte en milivoltios y se compara con los valores de la tabla, en función del valor se asigna una dirección u otra. La función sigue el siguiente diagrama de bloques.

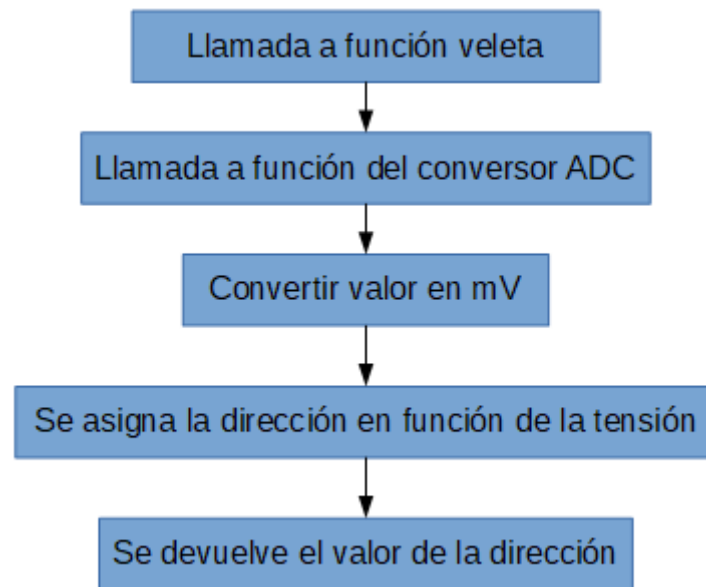


Ilustración XXXIII: Diagrama de bloques de la función veleta

3.1.2.6. LDR

La luminosidad se mide a través de un fotoresistor, una resistencia variable que modifica su resistencia en función de la luz que incide sobre ella, para conocer el valor del LDR será necesario un divisor de tensión que cambie el valor de la tensión de salida en función del valor del fotoresistor, debido a la naturaleza del circuito la tensión de salida tendrá que conectarse al ADC para poder diferenciar tres estados de luminosidad, si solo se quisiera diferenciar entre dos estados, no sería necesario el ADC.

El esquema eléctrico en el que se muestra la conexión puede encontrarse en el “AnexoEsquemas”.

La resistencia del LDR depende de la luminosidad, en la hoja de características se especifica que la resistencia en oscuridad total es de $0,5M\Omega$, mientras que en el caso de máxima luminosidad es de 4 a $10k\Omega$.

Con estos datos de resistencia se puede calcular los límites inferior y superior de tensión, aplicando una sencilla ecuación de divisor de tensión.

- Caso oscuridad total:

$$V_{LDR} = I * R_{LDR} = \frac{0,5 M}{10 k + 0,5 M} * 3,3 = 3,23 V$$

- Caso luminosidad total:

$$V_{LDR} = I * R_{LDR} = \frac{4 k}{10 k + 4 k} * 3,3 = 0,94 V$$

Con los límites establecidos es posible dividir el rango de tensión en tres tramos diferentes, estos tramos se especifican en el documento “AnexoTablas” con el nombre de “Rangos de luminosidad”.

Por lo tanto, la función que elegirá el valor de luminosidad seguirá el siguiente diagrama.

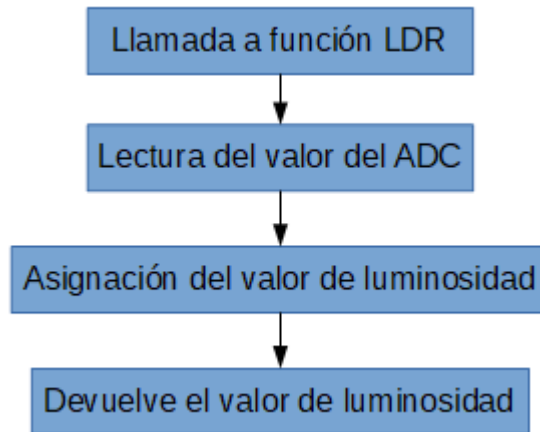


Ilustración XXXIV: Diagrama de bloques sensor luminosidad

3.1.2.7. Sistema final

Finalmente, se depositará la Raspberry Pi en una caja estanca, el único dispositivo que estará en la caja estanca con la Raspberry Pi será el LDR, tal y como se observa en la imagen de la izquierda, luego a través de un cable se conectará la Raspberry Pi con una pequeña placa en la que se encuentra el higrómetro, el termómetro y el barómetro, a esta placa también llegan las conexiones del pluviómetro, anemómetro y veleta, tal y como se observa en la imagen de la derecha.

En este caso, el controlador irá conectado a Internet a través del propio módulo Wi-Fi que incluye la Raspberry Pi, ya que estará situada en una zona de cobertura, el Transceptor inalámbrico es para establecer comunicación con la otra Raspberry que pasará la información a través de este enlace. El código que agrupa todos los sistemas de la estación meteorológica se encuentra en el documento “*AnexoCod*”.

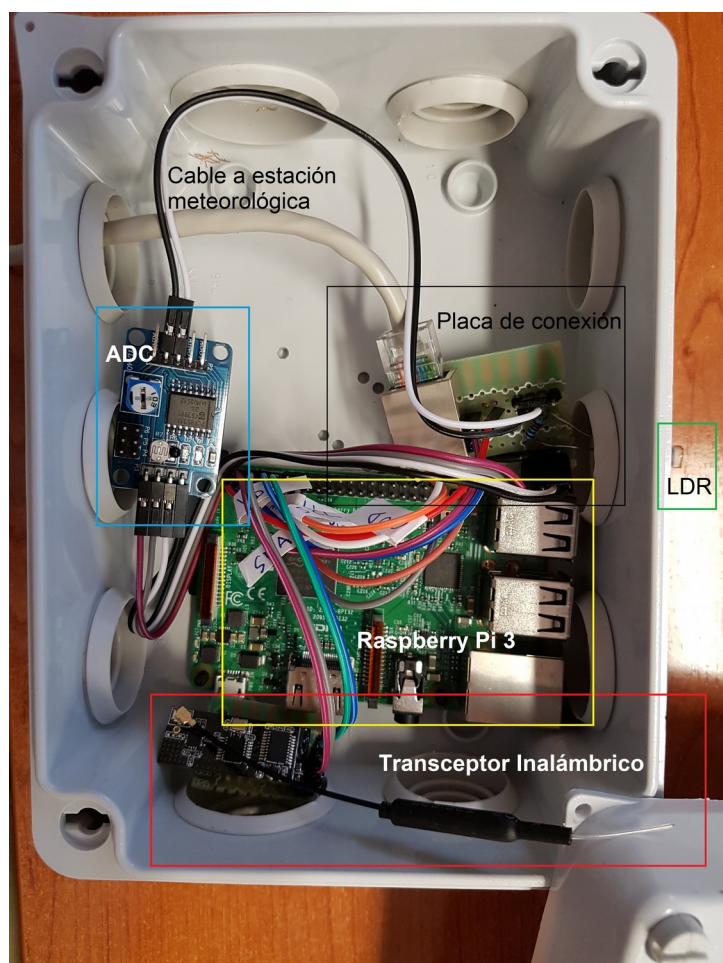


Ilustración XXXV: Conexionado en caja estanca

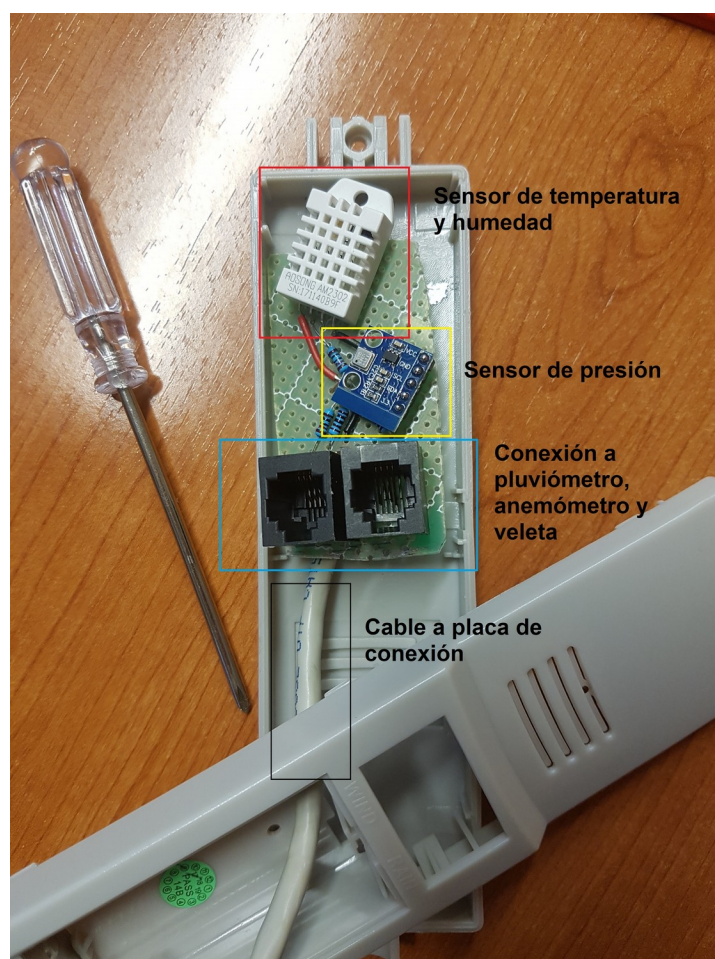


Ilustración XXXVI: Conexionado en estación meteorológica

3.2. Servidor Web

Los datos son enviados al servidor a través de la URL, estos se almacenan en una base de datos y son mostrados en una página web, cuya dirección es granja.carnisima.com.

Al entrar en esta página lo primero que pide es autenticarse para poder ver el resto de la web, al registrarse manda al usuario a la página principal, en esta podemos observar las últimas medidas tomadas de todos los datos así como unas gráficas con los datos del día actual de pH, O.R.P., D.O. y turbidez. En el menú de la izquierda se encuentran las diferentes secciones del proyecto, el primer icono es la página principal, el siguiente corresponde a diferentes gráficas creadas con los datos recopilados y agrupados en diferentes intervalos, en semanas, meses o años. El tercer icono es el mapa en el que se imprimirá el recorrido de la maquinaria agrícola gracias al localizador que se colocará en ellas, el siguiente es un enlace a la página web de los collares conecterra y el último icono corresponde a las cámaras IP instaladas en la granja. En la siguiente imagen puede verse la página principal del proyecto.



Ilustración XXXVII: Página Web del proyecto

4. Presupuesto

Coste de los componentes		
Dispositivos	Cantidad	Precio total(€)
Raspberry Pi 3	2	61,00
Micro Sd 8GB	2	10,76
Escudo Base Elecrow + cables	1	34,20
Módulo transceptor inalámbrico	2	23,19
Medidor de pH	1	48,41
Medidor de O.R.P.	1	80,67
Medidor de D.O.	1	159,54
Medidor de turbidez	1	10,33
Medidor de nivel	1	39,33
Medidor de flujo	1	21,21
Localizador GPS	1	169,40
Estación meteorológica	1	36,37
Sensor DHT22	1	7,09
Sensor BMP180	1	7,90
Componentes electrónicos varios		15
Total		724,4€

Coste de la mano de obra		
Tarea	Tiempo empleado (horas)	Coste total

Sistema electrónico	8	8h*20€/h = 160€
Software	15	15h*20€/h = 300€
Montaje final	2	2h*20€/h = 40€
Total		500€

Coste total del proyecto	1224,4€
---------------------------------	----------------

En las tablas superiores pueden observarse los costes del sistema desarrollado en este proyecto, por un lado, en la primera tabla se muestran los precios de los componentes empleados para la realización. Por otra parte, en la segunda tabla se tienen en cuenta las horas aproximadas que se emplearían en unir los componentes electrónicos, añadir el software a las nuevas placas y montar el sistema para su correcto funcionamiento.

Al coste anteriormente explicado debe añadirse un pequeño pago mensual por los gastos del servidor donde se almacena la información, este coste sería de unos 10€ al mes.

El precio final del proyecto puede parecer elevado en un principio, pero si se tiene en cuenta que el objetivo de este proyecto es mejorar la vida de los animales y así aumentar su productividad y monitorizar diferentes tecnologías usadas en las explotaciones ganaderas para tener una mayor información sobre el consumo y poder reducirlo, se puede considerar una inversión pequeña en comparación con las ventajas que puede aportar.

5. Conclusiones y desarrollo futuro:

Para concluir el documento en este apartado se comentarán las posibles mejoras que se podrían realizar con el fin de adaptar mejor el sistema a las diferentes necesidades de los clientes del sistema, la versatilidad que aporta la Raspberry en este aspecto jugará un papel importante a la hora de añadir mejoras al sistema.

Las posibles mejoras para el sistema son muchas, tanto en el tema de añadir nuevos dispositivos para adaptarse a nuevas necesidades de los consumidores como puede ser un sistema de alimentación eléctrica con placas fotovoltaicas y baterías para poder instalar el sistema en lugares sin conexión eléctrica o un módulo de conexión 3G a través de una tarjeta SIM ya que se debe tener en cuenta que en las explotaciones ganaderas no se acostumbra a tener conexión a Internet a través de Wi-Fi, estas dos ampliaciones del sistema servirían para aumentar en gran medida el número de explotaciones en las que el sistema se podría instalar, también es mejorable todo lo relacionado con la interfaz web ya que debido al límite de tiempo se hizo todo de forma rápida y se podrían añadir muchas más funciones aprovechando los datos recopilados. Cabe destacar que esta ha sido la primera vez en la que he diseñado una página web lo cual le ha añadido dificultad a la hora de realizar el proyecto, pero gracias a la ayuda de varios compañeros de trabajo se pudo superar todas las complicaciones que fueron surgiendo a lo largo de la realización.

El proyecto en general cumple prácticamente todos los objetivos establecidos al inicio del mismo, salvo por el echo de que debido a la falta de tiempo no ha sido posible su instalación en una granja real para ponerlo a prueba.

Por último, respecto al lenguaje de programación empleado, Python, era un lenguaje nuevo para mi que se eligió por la gran comunidad que tiene detrás, por ser un lenguaje amigable para el programador, lo que facilita su aprendizaje y la gran multitud de librerías para prácticamente cualquier cosa.

Bibliografía:

- [1] Francisco Moya Fernández. "Taller de Raspberry Pi", 17-01-2017.
<https://www.gitbook.com/book/franciscopmoya/taller-de-raspberry-pi/details>
- [2] Potencial de oxidación-reducción (redox).
<http://www.elaguapotable.com/Que%20es%20el%20ORP%20o%20potencial%20REDOX%20y%20para%20que%20sirve.pdf>
- [3] Evelyn Peña Pulla. "Calidad de agua. Trabajo de investigación oxígeno disuelto (OD)", 26-06-2007.
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf>

Anexos:

1. Raspberry Pi

Véase para más información el documento [AnexoRPI](#)

2. Códigos

Véase el documento [AnexoCod](#) para el código desarrollado en este proyecto.

3. Tablas

Véase el documento [AnexoTablas](#) para ver las especificaciones de los sensores.

4. Esquemas

Véase el documento [AnexoEsquemas](#) para los esquemas de conexión de los sensores.